

KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

Patent Laid-Open Gazette

(51) IPC Code: G01B 7/09

(11) Publication No.: P1999-0083967

(43) Publication Date: 06 December 1999

(21) Application No.: 10-1999-0037245

(22) Application Date: 03 September 1999

(71) Applicant:

LG Electronics Inc.

20, Yoido-dong, Youngdungpo-gu Seoul, Korea

(72) Inventor:

LEE, HYUNG JAE

(54) Title of the Invention:

Optical Pickup for Preventing Astigmatism

Abstract:

Provided is an optical pickup for preventing astigmatism including at least one light source and a beam splitter. The beam splitter is located on a beam path of a beam emitted from the light source to transmit or reflect the beam. The beam splitter is a wedge plate having an incident face of which slope is larger than the slope of a projected face thereof. Since the wedge plate is placed on the beam path, a stable beam spot having no astigmatism can be formed on an optical disc. The wedge plate can be used instead of an expensive prism beam splitter. For example, if the optical pickup with the wedge plate is applied to DVDs, which generally use expensive prism beam splitters, manufacturing costs are reduced and quality deterioration caused during prism bonding can be prevented.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁸ (11) 공개번호 특 1999-0083967
G11B 7/09(조기공개) (43) 공개일자 1999년 12월 06일

(21) 출원번호 10-1999-0037245
(22) 출원일자 1999년 09월 03일
(71) 출원인 엘지전자 주식회사 구자홍
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지
(72) 발명자 미형재
경기도 평택시 세교동 현대아파트 101동 1504호
(74) 대리인 박래봉

심사청구 : 있음

(54) 비점수차 방지 광픽업 장치

요약

본 발명은 비점수차 방지 광픽업 장치에 관한 것으로, 한 개 이상의 광원; 및 상기 광원에서 발광되는 광 경로 상에 위치하여, 입사광을 투사 및 반사시키되, 상기 광이 입사되는 입사면과 투사되는 투사면이 비 평행하도록 형성된 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것으로, 상기 광 분리수단은, 상기 광원으로부터 출사된 광이 입사되는 입사면의 기울기가, 상기 투사면의 기울기보다 더 크게 되도록 형성된 웨지(Wedge)형 플레이트(Plate)인 것을 특징으로 하며, 쐐기 형상의 입사면을 갖는 웨지(Wedge)형 플레이트가 발광경로 상에 설치되며, 비점수차가 없는 안정된 광스폿이 광디스크 상에 형성되도록 함으로써, 고가격 광학소자인 프리즘 타입의 빔 스플리터를 대체시킬 수 있어, 하나 이상의 프리즘 타입 빔 스플리터를 사용하고 있는 광픽업 장치, 예를들어, 디브이디(DVD)용 광픽업 장치의 제조 비용 상승 및 프리즘 접합 사용에 따른 품질 저하를 원천적으로 방지할 수 있게 하는 매우 유용한 발명인 것이다.

도표도

도 8

색인어

비점수차, 빔 스플리터, 웨지형 플레이트, 쐐기형상, 경사각

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 프리즘 타입의 빔 스플리터에 의한 광 분리/합성을 도시한 것이고,
- 도 2는 일반적인 플레이트 타입의 빔 스플리터에 의한 광 분리/합성을 도시한 것이고,
- 도 3은 일반적인 플레이트 타입의 빔 스플리터에 의한 투사광을 도시한 것이고,
- 도 4는 일반적인 플레이트 타입의 빔 스플리터 사용에 따른 광 특성을 도시한 것이고,
- 도 5는 일반적인 프리즘 타입의 빔 스플리터 사용에 따른 광 특성을 도시한 것이고,
- 도 6은 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치에 사용되는 웨지형 플레이트(Wedge Type Plate) 및 그 경사각 시뮬레이션 결과를 도시한 것이고,
- 도 7은 본 발명에 따른 웨지형 플레이트 사용에 따른 광 특성을 도시한 것이고,
- 도 8은 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치에 대한 구성을 도시한 것이고,
- 도 9는 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치에 대한 또다른 구성을 도시한 것이다.

※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 써디(CD)용 HPM(Hologram Pick-up Module)

- 11 : 디브이디(DVD)용 HPM
- 12 : 웨지 플레이트 (Wedge plate)
- 13 : 클리메이터 렌즈
- 14 : 대물렌즈

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 비점수차 방지 광픽업 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 쐐기 형상의 단면을 갖는 플레이트 타입(Plate Type)의 빔 스플리터(Splitter)인 웨지형 플레이트(Wedge Plate)를 발광경로 상에 설치하여 비점수차의 발생을 방지시키는 비점수차 방지 광픽업 장치에 관한 것이다.

일반적으로, 씨디(CD: Compact Disc) 또는 디브이디(DVD: Digital Versatile Disc)와 같은 광디스크로부터 기록된 데이터를 독출하거나, 또는 기록하기 위한 광픽업 장치에는, 레이저 다이오드(LD: Laser Diode)로부터 발광되는 광경로와 포토 다이오드(PD: Photo Diode)에 의해 수광되는 광경로가 분리되도록 하거나, 또는 디브이디용 발/수광 경로와 씨디용 발/수광 경로가 분리 또는 합성되도록 하기 위한 빔 스플리터(Beam Splitter)를 사용하고 있는 데, 상기 빔 스플리터에는, 통상적으로 프리즘 타입(Prism Type)의 빔 스플리터와 플레이트 타입(Plate Type)의 빔 스플리터가 사용되고 있다.

먼저, 상기 프리즘 타입의 빔 스플리터는, 도 1의 (a) 및 (b)에 도시한 바와 같이, 일정각도, 예를들어 45도 경사면을 갖는 동일한 형상의 프리즘을 서로 대향되도록 근접 부착하고, 상기 근접 부착되는 45도 경사면에는 입사광을 선택적으로 투과 또는 반사시키는 편광막을 코팅 처리하여, 서로다른 각도의 입사광(B1, B2)을 동일한 방향으로 합성 출력(B3)하거나, 또는 동일한 각도의 입사광(B1)을 서로다른 방향으로 분리 출력(B2, B3)하게 된다.

한편, 상기 플레이트 타입의 빔 스플리터는, 도 2의 (a) 및 (b)에 도시한 바와 같이, 소정의 두께를 갖는 하나의 플레이트를 임의의 소정 각도로 경사지게 배치하고, 상기 경사 배치된 플레이트의 일측 단면에 편광막을 코팅 처리하여, 전술한 바와 같이, 서로다른 각도의 입사광(B1, B2)을 동일한 방향으로 합성 출력(B3)하거나, 또는 동일한 각도의 입사광(B1)을 서로다른 방향으로 분리 출력(B2, B3)하게 되는 데, 상기 플레이트 타입의 빔 스플리터는, 도 3에 도시한 바와 같이, 입사면이 입사광에 대해 정확하게 회전 대칭되어 있지 않아 투사광의 경로가 왜곡된다.

이에 따라, 비점수차(Astigmatism) 즉, 입사면의 곡률이 균일하지 못하여 정초점이 형성되지 못하게 되는 비점수차가 발생하게 되므로, 정초점이 요구되는 광디스크로의 발광경로 상에는 상기 비점수차가 발생되는 플레이트 타입의 빔 스플리터를 사용하지 못하게 된다.

즉, 광디스크로의 발광경로 상에는 비점수차가 발생되는 플레이트 타입의 빔 스플리터 대신 프리즘 타입의 빔 스플리터가 사용되고 있으며, 정초점이 요구되지 않는 수광경로 상에는, 상기 비점수차를 의도적으로 이용하기 위하여 플레이트 타입의 빔 스플리터를 사용하기도 하는 데, 이하 첨부된 도면을 참조로 상기 비점수차 발생에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 4는 통상의 광픽업 장치에서 광디스크로의 발광경로 상에 플레이트 타입의 빔 스플리터를 사용하는 경우, 광 특성을 도시한 것으로, 도 4의 (a)는 조립 정도에 따른 WFE(Wave Front Error) 특성을 도시한 것이고, 도 4의 (b)는 간섭무늬(Interferogram)를 도시한 것으로, 정상적으로는 WFE 특성 값이 적어도 $\pm 2^\circ$ 내에서 0.07λ 안으로 들어와야 하는 데, 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이 상기 WFE 특성 값의 범위 즉, WFE 특성 값이 $\pm 2^\circ$ 내에서 0.07λ 를 벗어나게 되며, 또한 도 4의 (b)에 도시한 바와 같이, 상기 간섭무늬의 형상이 직선 형상이 아닌 상당히 왜곡된 형상을 갖게 되며, 광디스크로의 발광경로 상에는 플레이트 타입의 빔 스플리터를 사용할 수 없게 된다.

한편, 도 5는 통상의 광픽업 장치에서 광디스크로의 발광경로 상에 프리즘 타입의 빔 스플리터를 사용하는 경우, 광 특성을 도시한 것으로, 도 5의 (a) 및 도 5의 (b)에 각각 도시한 바와 같이, WFE 특성 값이 $\pm 2^\circ$ 내에서 0.07λ 를 벗어나지 않게 되며, 상기 간섭무늬의 형상이 직선 형상을 갖게 되며, 광디스크로의 발광경로 상에 프리즘 타입의 빔 스플리터를 사용할 수 있게 된다.

그러나, 상기 프리즘 타입의 빔 스플리터는, 플레이트 타입의 빔 스플리터에 비해 약 10 배 이상의 고가 격 광학소자이며, 또한 복수의 프리즘 접합 사용에 따른 접합면에 의해 성능이 저하되는 문제점이 있었다.

즉, 적어도 하나 이상의 프리즘 타입 빔 스플리터를 사용하고 있는 광픽업 장치, 예를들어, 디브이디(DVD)용 광픽업 장치의 제조 비용을 상승시키고, 또한 품질을 저하시키는 결과를 초래하게 되는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창작된 것으로서, 비점수차가 발생되지 않도록 쐐기 형상의 입사면을 갖는 웨지(Wedge)형 플레이트를 발광경로 상에 설치하여, 비점수차가 없는 안정된 광스폿이 광디스크 상에 형성되도록 하는 비점수차 방지 광픽업 장치를 제공하는 데, 그 목적이 있는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 한 개 이상의 광원; 및 상기 광원에서 출사되는 광 경로 상에 위치하여, 입사광을 투사 및 반사시키되, 상기 광이 입사되는 입사면과 투사되는 투사면이 비평행하도록 형성된 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것으로, 상기 광 분리수단은, 상기 광원으로부터 출사된 광이 입사되는 입사면의 기울기가, 상기 투사면의 기울기보다 더 크게 되도록 형성된 웨지(Wedge)형 플레이트(Plate)인 것을 특징으로 하며,

또한, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 한 개 이상의 광원; 및 상기 광원으로부터 광디스크까지의 광 경로 상에 발생되는 비점수차(Astigmatism)를 보상하기 위한 쐐기(Wedge) 형상의 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것으로, 상기 광 분리수단은, 상기 광원과 광디스크 사이의 임의의 위치에 구비되어, 상기 광원으로부터 입사된 입사광을 광디스크 방향으로 투사하고, 상기 광디스크로부터의 반사되는 반사광을 광 검출수단으로 투사하는 것을 특징으로 하며,

또한, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 한 개 이상의 광원; 및 상기 광원에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기(Wedge) 형상의 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하며,

또한, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 복수의 광원; 상기 복수의 광원으로부터 출사되는 광이 만나는 경로 상에 위치되어, 상기 광원에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 광 분리수단; 및 상기 광 분리수단을 투과한 광을 광디스크 상에 집광시키기 위한 광 집광수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하며,

또한, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 발광수단 및 수광수단; 상기 발광수단 및 수광수단의 광 경로 상에 위치되어, 상기 발광수단에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 제1 광 분리수단; 상기 제1 광 분리수단을 투과한 광 경로와 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 또다른 광원; 상기 광원으로부터 출사되는 광과, 상기 제1 광 분리수단을 투과한 광이 만나는 경로 상에 위치되어, 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 제2 광 분리수단; 및 상기 제2 광 분리수단을 투과한 광을 광디스크 상에 집광시키기 위한 광 집광수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치의 바람직한 실시예에 대해, 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 6은, 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치에 사용되는 웨지형 플레이트(Wedge Type Plate)의 형상 및 경사각 시뮬레이션(Simulation) 결과를 도시한 것으로서, 상기 웨지형 플레이트는, 도 6의 (a)에 도시한 바와 같이, 통상적인 종래의 플레이트 타입 빔 스플리터와는 달리, 레이저 다이오드(LD)와 같은 광원으로부터 발광되는 광이 입사되는 입사면이 투사면 보다 소정 경사각 θ 만큼 더 경사지게 되도록 쐐기 형상을 갖게 되는 데, 상기 경사각 θ 는 광픽업 장치가 사용되는 광디스크 장치 또는 시스템에 따라, 최적의 경사각을 갖도록 하기 위하여, 도 6의 (b)에 도시한 바와 같이, 플레이트의 두께(t) 및 광의 입사각(ϕ)을 고려한 시뮬레이션(Simulation) 과정을 통해 설정하게 된다.

한편, 도 7의 (a) 및 (b)는, 상기 시뮬레이션 결과에 의해 설정된 소정의 경사각 θ 를 갖는 웨지형 플레이트를 레이저 다이오드(LD)의 발광 경로 상에 설치한 경우, WFE 특성 값 및 간섭무늬 형상을 도시한 것으로, 도 5를 참조로 전술한 바 있는 프리즘 타입 빔 스플리터를 사용하는 경우의 WFE 특성 값 및 간섭무늬 형상과, 거의 동일한 특성 값 및 간섭무늬 형상이 나타나고 있음을 도시하고 있다.

도 8 및 도 9는, 본 발명에 따른 웨지형 플레이트가 사용되는 비점수차 방지 광픽업 장치의 다양한 실시예를 도시한 것으로, 우선 도 8에 도시한 비점수차 방지 광픽업 장치는, 레이저 다이오드(LD)와 같은 발광소자와 포토 다이오드(PD)와 같은 수광소자가 일체로 구비된 씨디(CD)용 홀로그램 픽업 모듈(HPM: Hologram Pick-up Module)(10); 상기 씨디(CD)용 HPM(10)과 직교되는 위치에 구비된 디브이디(DVD)용 홀로그램 픽업 모듈(HPM)(11); 상기 CD용 HPM(10) 및 DVD용 HPM(11)으로부터 발광되는 광을 분리 또는 합성 출사하는 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12); 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)로부터 출사되는 발산광을 평행광으로 변환 출사하는 콜리메이터 렌즈(Collimator Lens)(13); 및 상기 변환 출사되는 평행광을 광디스크(1)의 기록면에 집광시키는 대물렌즈(Objective Lens)(14)를 포함하여 구성되는 것으로, 상기 기와 같이 구성되는 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치의 동작에 대해 설명하면 다음과 같다.

우선, 도 6의 (b)에 도시한 바 있는 시뮬레이션 결과 즉, 플레이트의 두께(t) 및 입사각(ϕ)을 고려하여 최적의 경사각 θ (예: $\theta=1.3^\circ$)를 갖는 웨지형 플레이트를 상기 빔 스플리터로 사용하는 경우, 상기 CD용 HPM(10)에서 발광된 광은 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)의 경사면에 입사된 후, 그대로 출사되어, 상기 콜리메이터 렌즈(13)로 입사되는 데, 이때 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)를 그대로 투과하게 되는 광은, 상기 경사각 θ 에 의해 비점수차가 크게 억제된 상태로 출사된다.

이후, 상기 빔 스플리터(12)를 통과한 광은, 상기 콜리메이터 렌즈(13)를 통과하면서 발산광에서 평행광

으로 변환되고, 상기 대물렌즈(14)에 의해 광디스크(1) 기록면에 집광되어 정초점의 반사광으로 다시 반사되고, 상기 반사되는 반사광은, 상기 입사 경로와 반대되는 광경로로 반사되어 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)의 투사면에 입사된 후, 역시 그대로 출사되어 상기 CD용 HPM(10)으로 입사되므로써, 상기 CD용 HPM(10)에 구비된 포토 다이오드(PD)와 같은 수광소자에 의해 전기신호로 변환된다.

한편, 상기 DVD용 HPM(11)에서 발광된 광은, 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)의 투사면 즉, 상기 경사각 θ 이 형성되어 있지 않은 빔 스플리터의 단면에 의해 90도로 반사되어, 상기 콜리메이터 렌즈(13)로 입사되고, 대물렌즈(14)에 의해 상기 광디스크(1) 기록면에 집광되어 정초점의 반사광으로 다시 반사되는 한편, 상기 반사되는 반사광은, 상기 입사 경로와 반대되는 광경로로 반사되어 상기 웨지형 플레이트인 빔 스플리터(12)의 투사면에 입사된다.

이후, 상기 입사된 반사광은 상기 투사면에 의해 90도 반사되어 상기 DVD용 HPM(11)으로 입사되므로 상기 DVD용 HPM(11)에 구비된 포토 다이오드(PD)와 같은 수광소자에 의해 전기신호로 변환된다.

이와 같이, 플레이트의 두께(t) 및 입사각(ϕ)을 고려한 시뮬레이션 과정을 통해, 비점수차 발생을 최소화시킬 수 있는 소정의 경사각 θ 를 설정하고, 상기 설정된 경사각 θ 를 갖는 웨지형 플레이트를, 광픽업 장치에 사용함으로써, 비점수차에 의해 발생하는 광디스크로부터의 데이터 독출 오류 또는 기록 오류를 방지할 수 있게 되는 것이다.

한편, 도 9에는, 도 8을 참조로 전술한 바 있는, 씨디(CD)용 HPM(10) 대신 씨디(CD)용 레이저 다이오드(LD)와 포토 다이오드(PD)가 또다른 웨지형 플레이트인 빔 스플리터를 기준으로 90도 대향 되게 설치되어 있는 실시예를 도시하고 있는 데, 이와같이 상기 웨지형 플레이트는 도 9에 도시한 바와 같이, 다양한 구성의 광픽업 장치에 확대 적용이 가능하다.

본 발명의 효과

상기와 같이 이루어지는 본 발명에 따른 비점수차 방지 광픽업 장치는, 쐐기 형상의 입사면을 갖는 웨지(Wedge)형 플레이트를 발광경로 상에 설치하여, 비점수차가 없는 안정된 광스폿이 광디스크 상에 형성되도록 함으로써, 고가격 광학소자인 프리즘 타입의 빔 스플리터를 대체시킬 수 있어, 하나 이상의 프리즘 타입 빔 스플리터를 사용하고 있는 광픽업 장치, 예를들어, 디브이디(DVD)용 광픽업 장치의 제조 비용 상승 및 프리즘 접합 사용에 따른 품질 저하를 원천적으로 방지할 수 있게 하는 매우 유용한 발명인 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 한 개 이상의 광원; 및

상기 광원에서 출사되는 광 경로 상에 위치하여, 입사광을 투사 및 반사시키되, 상기 광이 입사되는 입사면과 투사되는 투사면이 비평행하도록 형성된 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 2. 제 1항에 있어서,

상기 광 분리수단은, 상기 광원으로부터 출사된 광이 입사되는 입사면의 기울기가, 상기 투사면의 기울기 보다 더 크게 되도록 형성된 웨지(Wedge)형 플레이트(Plate)인 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 3. 한 개 이상의 광원; 및

상기 광원으로부터 광디스크까지의 광 경로 상에 발생하는 비점수차(Astigmatism)를 보상하기 위한 쐐기(Wedge) 형상의 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 4. 제 3항에 있어서,

상기 광 분리수단은, 상기 광원과 광디스크 사이의 임의의 위치에 구비되어, 상기 광원으로부터 입사된 입사광을 광디스크 방향으로 투사하고, 상기 광디스크로부터의 반사되는 반사광을 광 검출수단으로 투사하는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 5. 한 개 이상의 광원; 및

상기 광원에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기(Wedge) 형상의 광 분리수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 6. 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 복수의 광원;

상기 복수의 광원으로부터 출사되는 광이 만나는 경로 상에 위치되어, 상기 광원에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 광 분리수단; 및

상기 광 분리수단을 투과한 광을 광디스크 상에 집광시키기 위한 광 집광수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

청구항 7. 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 발광수단 및 수광수단;

상기 발광수단 및 수광수단의 광 경로 상에 위치되어, 상기 발광수단에서 출사되어 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 제1 광 분리수단;

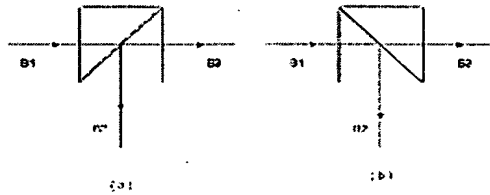
상기 제1 광 분리수단을 투과한 광 경로와 소정 각도를 갖는 서로다른 위치에 배치되는 또다른 광원;

상기 광원으로부터 출사되는 광과, 상기 제1 광 분리수단을 투과한 광이 만나는 경로 상에 위치되어, 입사되는 광이 서로다른 굴절각을 갖도록 하는 쐐기 형상의 제2 광 분리수단; 및

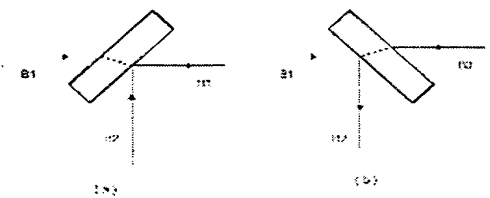
상기 제2 광 분리수단을 투과한 광을 광디스크 상에 집광시키기 위한 광 집광수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 비점수차 방지 광픽업 장치.

도면

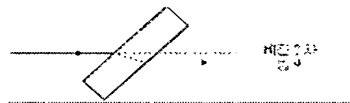
도면1



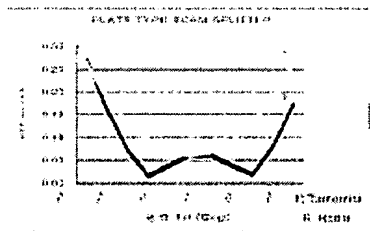
도면2



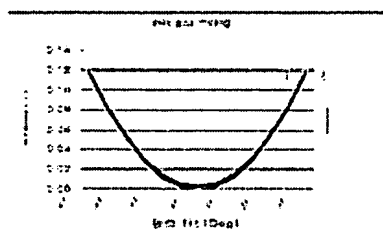
도면3



도면4



LB5

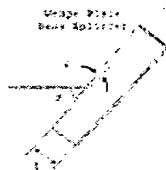


(a)



(b)

LB6

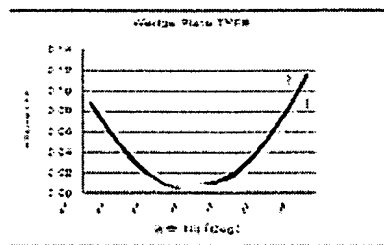


(c)

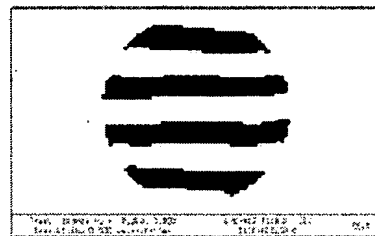
Time (s)	0	20	30	40	45	50
0.5	0.003	0.002	0.006	0.042	0.051	0.050
0.9	0.072	0.069	0.784	0.822	0.623	0.730
0.7	0.772	0.650	0.663	1.050	0.989	0.954
0.6	0.900	1.075	1.110	1.170	1.165	1.071
0.9	1.110	1.253	1.320	1.331	1.233	1.211
1.0	1.355	1.431	1.459	1.451	1.465	1.342
1.1	1.512	1.600	1.654	1.650	1.609	1.677
1.2	1.592	1.775	1.814	1.821	1.729	1.568
1.3	1.653	1.900	1.970	1.949	1.879	1.750

(d)

도표 7

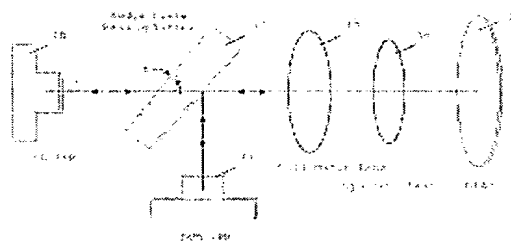


195



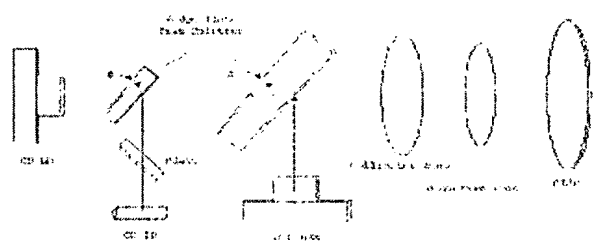
151

508



225 - 244

529



☞ ☞